



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

**“EFECTOS DE LA RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO SOBRE LA
POTENCIACIÓN POST ACTIVACION EN ATLETAS VELOCISTAS
COMPETITIVOS”**

ACTIVIDAD DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN
CIENCIAS APLICADAS AL MOVIMIENTO Y LA COGNICIÓN

AUTOR: EDUARDO FRANCISCO HERRERA HERNÁNDEZ
TUTOR: DR. CÉSAR ALBERTO OSORIO FUENTEALBA

SANTIAGO DE CHILE
03 DE NOVIEMBRE DE 2023

Autorización

03 de Noviembre de 2023, Eduardo Herrera Hernández

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y sus autores.

Agradecimientos

Agradezco en primera instancia a mi tutor, el profesor Dr. César Alberto Osorio Fuentealba quien me guio en este largo camino. También, agradezco a mi familia atlética que tuvo toda la disposición y confianza en mi proyecto y, por último, a mi familia y novia Jennifer quienes no me dejaron caer en los momentos más difíciles.

Dedicatoria

A mi familia, amigos, familia atlética, mi novia y, por último, mi mami quien no alcanzo a ver el final de este camino.

Tabla de Contenidos

| | |
|--|---------|
| 1. Introducción | |
| 1.1. Problema, pregunta y oportunidad..... | pág.8 |
| 1.2. Análisis del estado del arte..... | pág.9 |
| 1.3. Pregunta de investigación y solución propuesta..... | pág.10 |
| 2. Metodología | |
| 2.1. Hipótesis | pág.14 |
| 2.2. Objetivos..... | pág.14 |
| 2.3. Metodología de investigación | pág.14 |
| 2.3.1. Población de estudio..... | pág.14 |
| 2.3.2. Consideraciones éticas..... | pág.15 |
| 2.3.3. Definición de variables, instrumentos y condiciones | pág.16 |
| 2.3.4. Procedimiento..... | pág.16 |
| 2.3.5. Análisis..... | pág.18 |
| 3. Resultados | pág.19 |
| 4. Discusión | pág.21 |
| 5. Transferencia | pág. 24 |
| 6. Referencias..... | pág. 24 |

Resumen

Introducción: En muchos deportes donde se requiere fuerza y velocidad para lograr un óptimo resultado, es esencial lograr la máxima potencia para incrementar el rendimiento deportivo en la competencia. Siendo determinante el calentamiento, el cual busca preparar al deportista para la competencia y maximizar de forma aguda el rendimiento deportivo. Dentro de las múltiples alternativas existe un fenómeno que puede aumentar de manera aguda la potencia llamado potenciación post activación (PPA), esto es causado por una actividad condicionante (AC) la cual abarca contracciones musculares realizadas en esfuerzos cercanos a su repetición máxima (RM). Debido a esto no es posible llevarlo a situaciones de competencia. Por ende, la alternativa sería realizar esta PPA bajo restricción del flujo sanguíneo, ya que, se ha evidenciado que en el ámbito deportivo tiene beneficios similares.

Objetivo: Comparar el efecto en el rendimiento en el salto con contramovimiento (CMJ) provocados por la potenciación post activación clásica y la potenciación post activación bajo la modalidad de restricción del flujo sanguíneo.

Metodología: Se realizó un estudio cruzado, con 17 atletas velocistas, que realizaron dos tipos de calentamiento: Ejercicio de sentadilla trasera con el 80% de su repetición máxima y el ejercicio de estocada con salto con bandas de restricción del flujo sanguíneo al 30% de oclusión de la porción proximal del muslo. Una vez realizado el calentamiento con pesos o con bandas de restricción del flujo sanguíneo se realizó una prueba de salto con contramovimiento en una plataforma de fuerza a los minutos 1 y 4 posterior al calentamiento.

Resultados: Aumento significativo de la potencia, altura y fuerza al minuto de realizar el calentamiento con PPA clásica y restricción del flujo sanguíneo, además, se encontró un

aumento significativo en el minuto 4 luego de realizar el calentamiento con restricción del flujo sanguíneo.

Palabras claves: Potenciación post activación, Restricción del flujo sanguíneo.

1. Introducción

1.1. Problema u oportunidad

En muchos deportes se requiere fuerza y velocidad para lograr un óptimo resultado, en ese sentido la potencia juega un factor fundamental para incrementar el rendimiento deportivo en la competencia (Izquierdo, 2002). Esta necesidad se ve aún más requerida en deportes como el atletismo, específicamente en las pruebas de velocidad, saltos y lanzamientos, ya que, estas se caracterizan por ser esfuerzos explosivos de pocos segundos de duración (Zaras, 2019). Dada esta exigencia es necesaria una preparación adecuada, siendo determinante el calentamiento, el cual busca preparar al deportista para la competencia y maximizar de forma aguda el rendimiento deportivo (Güllich, 1996). Además, se sabe que un calentamiento efectivo puede mejorar el rendimiento físico de los atletas y ayuda a reducir el riesgo de lesiones deportivas (Shellock, 1985). Existen variados métodos de calentamiento, los cuales no siempre abarcan los resultados fisiológicos de la tarea demandada y en consecuencia no aportaría efectos positivos, e incluso tendría efectos negativos en el rendimiento deportivo (Chiu, 2003).

Un calentamiento eficaz debería provocar aumento de la temperatura corporal, el cual se asocia con incrementos en la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos, disminución de la rigidez de músculos y articulaciones, cambios en la relación fuerza-velocidad y otros cambios metabólicos y cardiovasculares (Bishop, 2003). Por tanto, esta actividad previa provocará dos grandes fenómenos que ocurren al mismo tiempo, uno es la potenciación física y el segundo es la fatiga, donde el equilibrio entre estos dos determinara el rendimiento final.

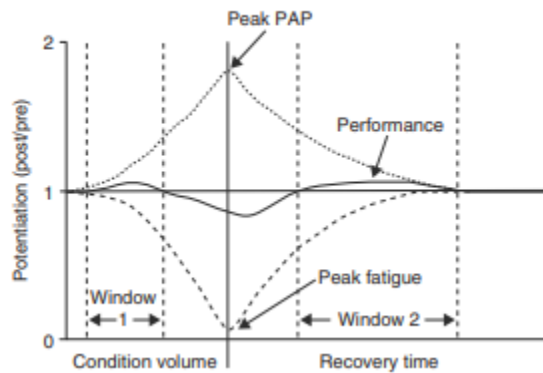


Gráfico 1. Modelo de potenciación y fatiga debido a una actividad condicionante o calentamiento.

Por ende, bajo este modelo, la actividad debe tener un esfuerzo lo suficientemente alto para poder lograr una gran potencia y de alguna manera obtener la menor fatiga posible.

1.2. Análisis del estado del arte

Hasta ahora esta demanda se ha enfrentado con distintos métodos de calentamiento, los cuales se detallarán a continuación:

- Uso del foam roller: Calentamiento que sirve para aumentar la flexibilidad a corto plazo pero que podría tener algunos efectos negativos ya que no se sabe con certeza el modelo óptimo para su implementación, como sería el tiempo del calentamiento, presión ejercida, cantidad de repeticiones, entre otros factores. (Wiewelhove, 2019).
- Estiramientos estáticos: Tiene un efecto potencialmente positivo en la flexibilidad y prevención de lesiones musculotendinosas, sin embargo, existe evidencia que sugiere que provoca efectos negativos en la fuerza y potencia afectando posteriormente el rendimiento. (Chaabene, 2019)
- Estiramientos dinámicos: Esta actividad reduce la rigidez pasiva de los músculos, aumenta su rango de movimiento y ayuda a prevenir lesiones (Iwata, 2019). Por otro lado, no se presentan cambios evidentes en la fuerza o potencia (Behara, 2017).

- Masajes precompetitivos: La evidencia indica que no existen efectos positivos sobre la fuerza máxima, las carreras, los saltos, el equilibrio y la agilidad. Incluso tiene efectos negativos en la fuerza máxima de las extremidades inferiores, el salto vertical y los esprints si es que se realiza un masaje de larga duración. (Mine, 2018)
- Plataforma vibratoria: Se cuestiona la eficacia del uso de la vibración del cuerpo como ayuda ergogénica en tareas de esprints de 30 metros. (Bullock, 2009).
- Ejercicios isométricos: Este tipo de activación demostró disminuciones en los niveles de dolor y no tuvo efectos significativos en el rendimiento de los esprints y en la altura del salto con contramovimiento. (Ullman, 2021).
- Maquina ejercicio excéntrico: Esta activación con maquina aumenta la fuerza vertical, lo que provoca una mayor velocidad resultante en el inicio de la actividad (Cuenca-Fernández, 2018).
- Calentamiento con saltos: Las activaciones del tipo pliométrico han mostrado aumentos significativos en la altura y la potencia máxima en los saltos posteriores, pero esto no se vio reflejado en las pruebas de velocidad de carrera (Kummel, 2016). Por otro lado, hay estudios que indican que agregar ejercicios pliométricos en la entrada de calor puede mejorar el rendimiento en distancias cortas de carrera (entre 20 y 40 metros) (Creekmur, 2017).
- Potenciación Post Activación: Por último, tenemos la potenciación post activación (PPA), esta se define como un fenómeno donde las características propias del rendimiento muscular se benefician de forma aguda debido a una actividad condicionante o calentamiento (Tillin & Bishop, 2009). Este término tiene una relevancia histórica ya que ha sido muy estudiada e incluso se tienen registros del siglo 19 con escritos de como potenciar el musculo (Blazevich, 2019), esta potenciación se cree que es causada por la fosforilación de la cadena ligera reguladora de la miosina, aumentando la tasa de formación de puentes cruzados, y

de esta manera se incrementa tanto la magnitud y la tasa de desarrollo de la fuerza (Taylor-Burt, 2020). La importancia de este método radica en que al ser un estímulo de esfuerzo máximo o submáximo, otorga una ventana de tiempo que dura varios minutos en los cuales se aumenta la potencia muscular (Seitz, 2016). Finalmente, la PPA se ha estudiado obteniendo mejoras en la distancia del lanzamiento de la bala en lanzadores competitivos (ejercicio de press banca) (Evetovich, 2015), además estudios han observado una reducción en el tiempo de 100 metros con un ejercicio de sentadilla submáxima (Linder, 2010), y también se ha contemplado la mejora a corto plazo del rendimiento del salto vertical (Gourgoulis, 2003) y del salto horizontal (Seitz, 2016).

El problema de estos métodos es que no todos tienen la suficiente intensidad para generar la mejora del rendimiento agudo deseado, y para quienes, si lo tengan, como en el caso de la PPA sería imposible aplicarlo en las competencias de atletismo ya que sería un problema no tener el tiempo suficiente para provocar el efecto deseado o no poder llevar el equipo a la competencia debido a las normativas propias del atletismo (Docherty, 2007).

Finalmente, este problema afecta a un gran número de personas siendo más de 15 clubes federados de atletismo en Santiago y más de 78 clubes en Chile, donde cada club tiene un mínimo de 10 personas.

1.3. Solución

Una alternativa para poder emplear la PPA de manera competitiva, es realizar la actividad previa o el calentamiento bajo la modalidad de restricción del flujo sanguíneo (RFS), el cual consta de manguitos presurizados en la porción proximal al músculo de cada extremidad, ya sea superior o inferior, ejerciendo presión garantizando el suministro arterial y evitando el retorno venoso del área correspondiente (Hanke, 2020). Esta solución es viable y su fundamentación se basa en que se sabe que un entrenamiento con RFS puede generar ganancias en hipertrofia y fuerza muy similares al entrenamiento tradicional con cargas

altas (lo cual es similar a la PPA) (Scott, 2016). Realizar ejercicios con RFS proporciona una presión superficial adecuada para obtener efectos positivos entre los que se destacan el reclutamiento de fibras motoras y el aumento de la hormona del crecimiento (Kim, 2009). Adicionalmente algunos autores dicen que trabajar con RFS disminuiría la fatiga en el sujeto, otorgando un intervalo de tiempo mayor para obtener los beneficios de la potenciación (Zheng, 2022). Además, esta solución es segura ya que no parece inducir una respuesta de daño muscular en individuos recreativos activos (Patterson, 2019), y pesar de que en los primeros estudios de restricción del flujo sanguíneo se mencionan ciertos riesgos de coagulo, ahora estos con las nuevas evidencias se disiparon e incluso ofrece un factor protector contra eventos tromboembólicos dada la estimulación del sistema fibrinolítico (Cognetti, 2022).

Por ende, la solución para aumentar el rendimiento deportivo en competencia seria realizar la actividad condicionante bajo restricción del flujo sanguíneo en atletas. Esta solución se ha empleado con éxito en algunos estudios mejorando significativamente la altura del salto y el tiempo de vuelo (Miller, 2018), también se ha encontrado aumentos de potencia (Doma, 2020; Zheng, 2022). Pero estos estudios se realizaron con deportistas recreacionales, de distintos deportes y con muestras poco representativas.

Esta propuesta es única en su tipo, debido a que es la única solución para poder emplear la PPA (y sus beneficios) en competencias, debido a que provocaría el mismo efecto que su alternativa similar (PPA clásico), pero la diferencia radica en que no es antirreglamentario y es fácil de adaptar para las diferentes situaciones de competencia. Gracias a esta solución aumentaremos el rendimiento deportivo acercando al deportista a su peak de rendimiento (de manera fisiológica), beneficiando a 500 atletas velocistas aproximadamente.

Dentro de las limitaciones asociadas al proyecto, tenemos que existen una gran variedad de factores que influyen en la PPA, en las que se incluyen el volumen e intensidad del calentamiento, el periodo de recuperación post actividad, el tipo de ejercicio y las

características propias del sujeto (Wilson, 2013), puesto que un solo cambio del volumen o la intensidad podría generar más fatiga y disminuir los efectos deseados. Por esto mismo, y para controlar estas limitaciones nos basaremos en lo que dice la literatura para controlar todas las variables anteriormente mencionadas.

2. metodología.

2.1. Hipótesis

Una actividad condicionante bajo restricción del flujo sanguíneo genera beneficios similares al de la potenciación clásica de alta intensidad.

2.2. Objetivos

General

Comparar el efecto en el rendimiento en el salto con contramovimiento (CMJ) provocados por la potenciación post activación (PPA) clásica y la potenciación post activación bajo la modalidad de restricción del flujo sanguíneo.

Específicos

- Determinar la potencia muscular producida en los diferentes intervalos de tiempos en deportistas sometidos a potenciación post activación clásica.
- Determinar la potencia muscular producida en los diferentes intervalos de tiempos en deportistas sometidos a potenciación post activación bajo la modalidad de restricción del flujo sanguíneo.
- Comparar la condición de tiempo en la cual se genera la mayor potencia producida en deportistas sometidos a potenciación post activación clásica y potenciación post activación bajo la modalidad de restricción del flujo sanguíneo.

2.3. Metodología de investigación

2.3.1. Muestra del estudio y tipo de estudio

Esta investigación se realizó bajo un diseño de estudio cruzado, esto quiere decir que cada sujeto ejerce como su propio control, comparando sus propios resultados en cada una de las diferentes condiciones. Consiguiendo evitar el sesgo de selección de los controles y manteniendo equilibradas las posibles variables confundentes que pueda existir a lo largo del estudio.

Criterios de inclusión: Los participantes deben ser atletas velocistas (100, 200 o 400 metros), los cuales deben llevar mínimo dos años compitiendo de manera federada, y que tengan una carga de entrenamiento de tres a cinco días por semana. A los atletas se les envió una invitación abierta por parte de la directiva del Club Atlético USACH y a quienes aceptaron se les envió un consentimiento informado para tener conocimiento acerca del proyecto, sus alcances y riesgos, además se respondieron todas las dudas respecto a las intervenciones.

Participaron en la investigación 17 atletas (12 hombres y 5 mujeres) con una edad que oscila entre los 19 y 28 años. Todos los participantes deberán abstenerse de realizar ejercicio físico 48 horas antes de las sesiones experimentales y también deberán descartar el uso de bebidas energéticas y café dos horas antes de cada sesión.

Criterios de exclusión: Atletas que tengan alguna enfermedad crónica, además se excluyeron atletas que presenten algún tipo de lesión musculoesquelética que impidió realizar la correcta ejecución de los calentamientos y de la evaluación.

| Variables | Media \pm DE |
|------------------|----------------------------------|
| Edad (años) | 22.94 \pm 2.44 |
| Altura (cm) | 1.7 \pm 0.11 |
| Peso (kg) | 65.1 \pm 10.57 |

Tabla 1. Características físicas de los sujetos, n=17

2.3.2. Consideraciones éticas

Los atletas fueron informados de los beneficios y riesgos potenciales del estudio antes de dar su consentimiento informado por escrito para participar. Asimismo, el protocolo fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, informe ético N.º 539/2023.

2.3.3. Definición de variables, instrumentos y condiciones

Para obtener la prueba de saltabilidad (CMJ), se utilizó una plataforma de fuerza (PASPORT 2-Axis Force Platform - PS-2142) y bandas de restricción del flujo sanguíneo (SAGA Fitness BFR Cuffs). Y se obtuvieron variables como altura del salto (cm), tiempo de vuelo (s), potencia de (W), y fuerza de reacción con el suelo (N).

Las evaluaciones se realizaron en el gimnasio b EAO de la Universidad de Santiago de Chile, y siempre a la misma hora.

2.3.4. Procedimiento

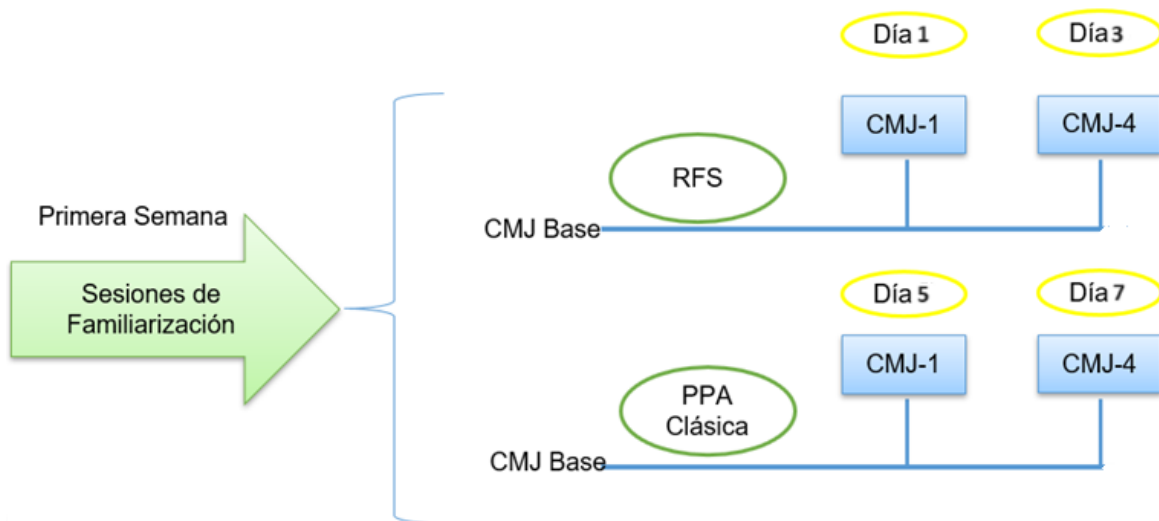
La primera semana fue de familiarización (3 sesiones) donde a los participantes fueron sometidos a la prueba de fuerza de 1 repetición máxima (RM) del ejercicio de sentadilla trasera, con el objetivo de saber cuál es el peso máximo de cada participante, además, se les enseñó el calentamiento y los ejercicios a evaluar. La parte experimental comenzó en la segunda y tercera semana, en la cual se realizaron 6 sesiones separadas por 48 horas. Cada sesión constó de una condición y tiempo distinto (PPA clásica y PPA con RFS evaluado a los minutos 1 y 4).

Al inicio del estudio se midió la masa corporal con una bascula

Huawei Scale 3 y altura del sujeto con huincha métrica de metal respectivamente.

Los atletas comenzaron con un calentamiento estandarizado de 10 minutos, el cual se dividió en 5 minutos de trote y 5 minutos de movilidad articular y técnica de carrera. Posteriormente cada atleta fue sometido a restricción del flujo sanguíneo y pesas, con tiempos de descanso de 1 y 4 minutos, de esta manera cada atleta fue sometido a ambos protocolos de PPA.

Habiendo definido la condición y tiempo de cada atleta por sesión, estos realizaron tres saltos con contramovimiento CMJ (conservando el mejor valor) antes del calentamiento (intervención) para tener una evaluación base de referencia. Posteriormente, los sujetos completaron el calentamiento asignado; para la PPA clásica se realizó una serie con 6 repeticiones del ejercicio de sentadilla trasera con carga correspondiente al 80% de su RM. Y para el calentamiento con restricción del flujo sanguíneo, este realizó una serie con 14 repeticiones del ejercicio estocada con salto, donde los sujetos ocuparon las bandas de restricción del flujo sanguíneo (SAGA Fitness BFR Cuffs) en la parte proximal del cuádriceps al 30% de la oclusión máxima de cada sujeto (esta oclusión la determinara la banda al momento de ocuparla, ya que tiene incorporado un medidor de presión y un estetoscopio) , estas bandas solo se ocuparon durante el tiempo que tomó ejecutar las 14 repeticiones (entre 30 y 45 segundos). Luego de ejecutar la condición dada, se realizó el tiempo de espera asignado (1, o 4 minutos) e inmediatamente realizaron tres saltos con contramovimiento (conservando el mejor valor) para evaluar los efectos provocados por esta condición-tiempo.



Ejemplo sobre la metodología empleada en el proyecto: la primera semana será de sesiones de familiarización, luego se presenta un esquema de las semanas 2 (superior) y 3 (inferior).

2.3.5. Análisis

Los valores son expresados como media \pm desviación estándar. Se realizó análisis de varianza de medidas repetidas para estimar las diferencias significativas entre las distintas condiciones-tiempos y pruebas de *t-student* para muestras pareadas para comparar los diferentes tiempos.

3. Resultados

Se realizó un análisis comparativo t-student para muestras pareadas donde se observó un aumento significativo sobre la altura del salto, fuerza y potencia en el grupo de pesas a tiempo de 1 minuto, post calentamiento (Figura 2).

Respecto a la altura del salto, fuerza y potencia con restricción del flujo sanguíneo, se observó un aumento significativo en los tiempos de 1 y 4 minutos posterior al calentamiento (Figura 3).

Respecto a la potencia entre los dos protocolos de calentamiento se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas el cual en el caso de 1 minuto no muestra diferencias significativas entre los grupos, pero si muestra un aumento significativo en el minuto 4 (Figura 4)

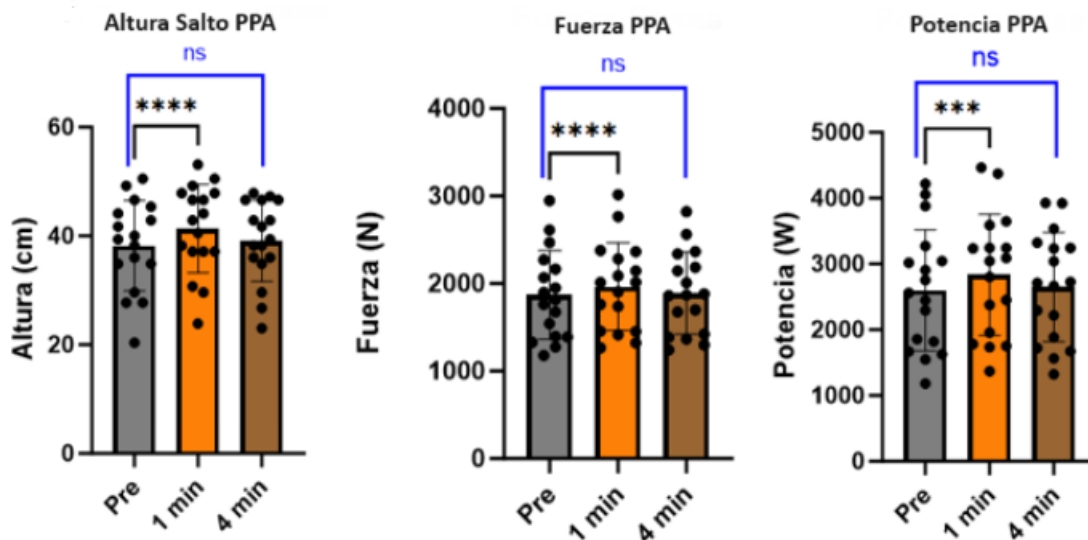


Figura 2. Altura, fuerza y potencia durante los saltos con contramovimiento antes y después de la activación con pesas. **** = $p < 0,0001$; *** = $p < 0,001$; ns = no significativo.

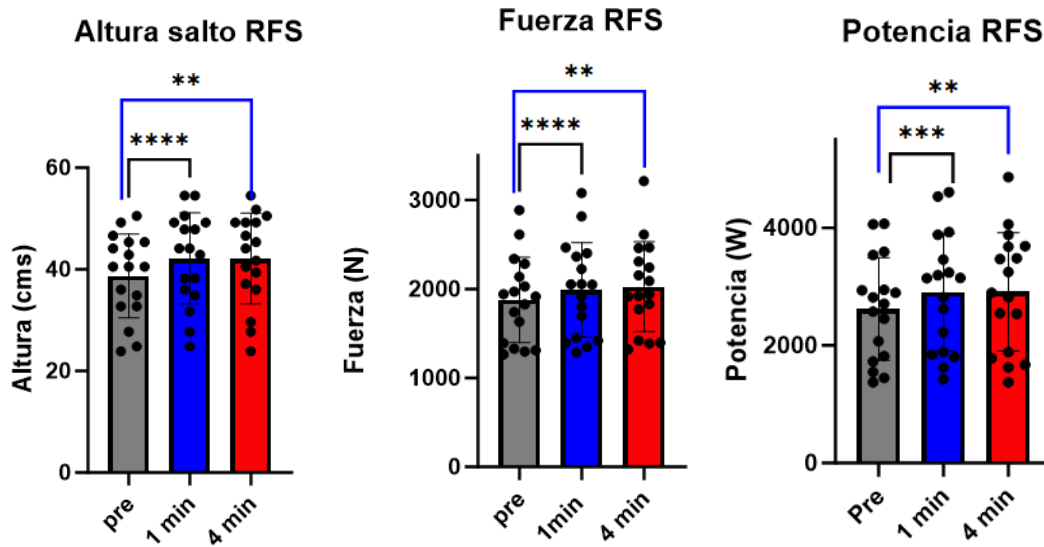


Figura 3. Altura, fuerza y potencia durante los saltos con contramovimiento antes y después de la activación con restricción del flujo sanguíneo. **** = $p < 0,0001$; *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,005$.

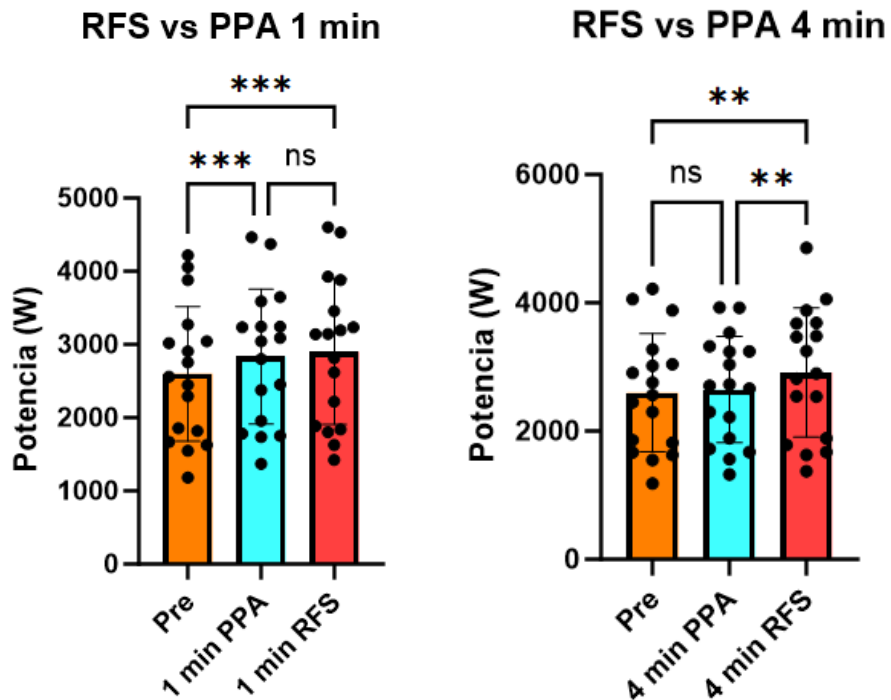


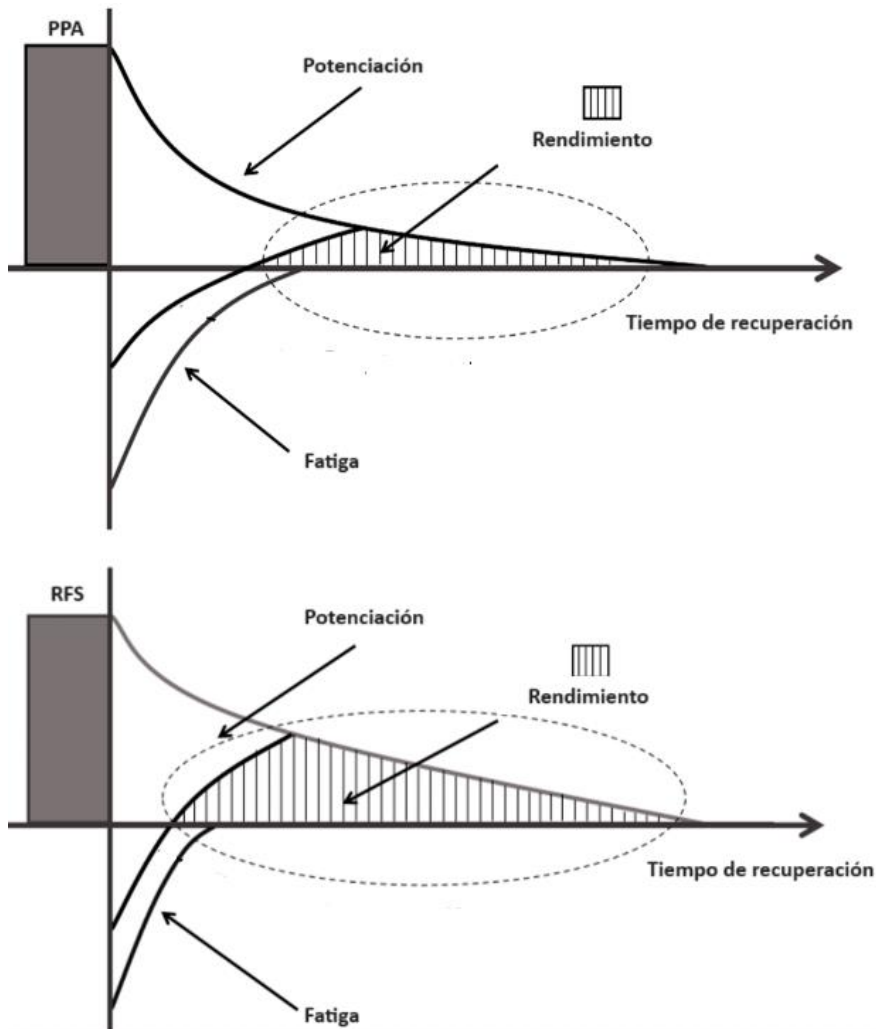
Figura 4. Potencia durante los saltos con contramovimiento entre ambos grupos en el minuto 1 y 4 respectivamente. **** = $p < 0,0001$; *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,005$.

4. Discusión

Los resultados demuestran que un calentamiento con restricción del flujo sanguíneo producirá un efecto agudo similar a la potenciación post activación clásica de alta intensidad en las variables de altura de salto, fuerza y potencia. Además, se encontró que el calentamiento con RFS tiene una mayor duración de potencia en el tiempo que la PPA clásica.

El principal objetivo de esta investigación fue comparar los efectos de los protocolos de calentamiento de restricción del flujo sanguíneo con la potenciación post activación de alta intensidad y la duración de los efectos en el tiempo. En ese sentido, se observó una mejora significativa en el rendimiento del CMJ en PPA-1minuto, RFS-1minuto y FRS-4minutos. Los efectos producidos por la PPA-1minuto no son de extrañar ya que los ejercicios a 80% del 1RM han evidenciado mejoras en saltos y carreras en velocistas competitivos (Saez, 2007), esto se puede explicar debido a las moléculas de calcio liberadas durante la contracción muscular, la cual afecta a la fosforilación de cadenas ligeras reguladoras de miosina, produciendo la posterior potenciación del organismo (Hodgson, 2005). También se produce un aumento en el reclutamiento de fibras rápidas debido a las altas cargas empleadas (Garbisu-Hualde, 2021). El aumento de los valores del protocolo de calentamiento con restricción del flujo sanguíneo se pueden explicar desde los mismos puntos mencionados en el caso de la potenciación post activación ya que además de producir calcio para influir en la contracción muscular, también se ha encontrado que el reclutamiento de fibras rápidas no solamente esta relacionada con la fuerza y velocidad de contracción muscular, sino que también influye la concentración de oxígeno, donde se correlaciona una reducción de la saturación de oxígeno durante la RFS con el reclutamiento de fibras rápidas (Zheng, 2022). Adicionalmente, los efectos provocados por la RFS pueden ser debidos a la condición hipóxica provocada en los tejidos, estimulando la síntesis de proteínas musculares resultando en el aumento de la fuerza (Martin, 2022).

Por otro lado, tenemos que hablar sobre el fenómeno de mantener el efecto durante el tiempo, ya que en el caso de la potenciación clásica de alta de intensidad no se observó una significancia con respecto al salto de referencia y esto es debido a que esto está mediado por el equilibrio neto entre fatiga y potenciación (Seitz, 2016), por ende se podría decir que en el minuto 1 la fatiga no estaba del todo presente y por eso si existen resultados positivos significativos, pero luego al realizar el protocolo de PPA clásica en el minuto 4 esto no ocurre ya que al ser una carga alta se presenta una fatiga alta y en ese tiempo ya se hace presente teniendo resultados no significativos. Caso contrario es el de la restricción del flujo sanguíneo, ya que al ser un ejercicio que se ejecuta solo con el peso propio del individuo la fatiga es menor logrando aumentos significativos con respecto al salto base y la PPA.



Modelo especulativo acerca de la comparación en el tiempo entre la potenciación post activación y la restricción del flujo sanguíneo.

Con esta grafica quedaría mas claro el efecto en el tiempo producido por ambos protocolos y la ventana de oportunidades que se pueden crear al tener más tiempo la potenciación de los atletas.

En conclusión, al comparar los efectos producidos por ambos protocolos, se puede decir que la PPA clásica y la restricción del flujo sanguíneo tienen efectos similares al evaluarlos en el minuto 1, pero la RFS tiene una ventaja ya que esta se puede llevar a cabo en la competencia y el efecto se puede mantener en el tiempo obteniendo valores significativamente mayores que las PPA clásica.

5. Perspectiva del componente de innovación y esquema de transferencia.

En el atletismo se ve la obligación de lograr el máximo rendimiento en cada competencia, pero como se puede notar en los torneos, las marcas registradas no son constantes y estas varían demasiado de una semana a otra, esto se podría deber al tipo de calentamiento efectuado por los atletas, ya que no cumpliría con las características adecuadas para prepararse para la competición. Dentro de esto se ha evidenciado una alta variedad de calentamientos y existe uno que es mejor en cuanto a elevar la potencia en comparación con los demás, y se llama potenciación post activación. El problema es que esta potenciación se efectúa con cargas altas y por reglas no está permitido traer la implementación requerida a la pista. Por esto mi solución es realizar esta potenciación con restricción del flujo sanguíneo, y esta propuesta es única en su tipo porque se podrá llegar al máximo nivel en la competencia, y el costo-beneficio será bajo en comparación a lo obtenido para los atletas de velocidad, saltos y lanzamientos, donde el método de pago será en forma de capacitación para los clubes, entrenadores y federaciones, la cual se irá actualizando y evolucionando para seguir mejorando el nivel del atletismo.

5.1 Propuesta de modelo de negocios.

Como propuesta de negocios se abarcarán en tres áreas distintas:

- Personalizada: Se crearán asesorías personalizadas para obtener el volumen óptimo de carga para tener los mejores beneficios en fuerza y potencia en base.
- Colectivas: Se realizarán asesorías colectivas a clubes o federaciones regionales de atletismo con el fin de evaluarlos y garantizar el mejor rendimiento en competencias para cada usuario.
- Cursos y capacitaciones: Se venderán cursos y capacitaciones para las partes interesadas, siendo una parte teórica y práctica, y actualizándose cada cierto tiempo con la información mas nueva acerca de estos temas.

5.2 Capacidades, equipo, colaboradores y alianzas.

Tuve con las capacidades para lograr este proyecto ya que llevaba trabajando hace mucho tiempo sobre la restricción del flujo sanguíneo, además conté con una red de confianza forjada en años, la cual se vio reflejada con la colaboración del Club Atlético USACH para obtener la muestra de participantes, también con profesores para obtener la colaboración del Departamento de Deporte de la Universidad de Santiago de Chile el cual me otorgo la infraestructura para realizar las mediciones y otros docentes de la misma universidad para conseguir los materiales para evaluar a los sujetos.

5.3 Impacto potencial económico y social esperado

Esto tendrá un impacto social importante dentro del mundo deportivo, ya que permitiríamos a los atletas estar siempre que se requiera en su peak deportivo, dejando de lado el azar de los calentamientos ineficaces. Por otro lado, dentro de lo económico se abre un mundo de posibilidades, porque solo se necesitaría comprar bandas de oclusión y esto se podría vender como cursos o capacitaciones que actualmente rondan los 120 euros por persona o se podría asesorar a clubes y realizar acompañamientos más personalizados. Además, en el futuro se pueden abarcar más deportes otorgando una ventana aún más grande de oportunidades.

6. Referencias.

- Behara, B. & Jacobson, B. H. (2017). Acute Effects of Deep Tissue Foam Rolling and Dynamic Stretching on Muscular Strength, Power, and Flexibility in Division I Linemen. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 888-892. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001051>
- Bishop, D. (2003). Warm Up II. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00002>
- Blazeovich, A. J. & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-Activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Boulosa, D., Del Rosso, S., Behm, D. G. & Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: A review. *European Journal of Sport Science*, 18(5), 595-610. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1438519>
- Bullock, N., Martin, D. T., Ross, A., Rosemond, D., Jordan, M. J. & Marino, F. E. (2009). An acute bout of whole-body vibration on skeleton starts and 30-m sprint performance. *European Journal of Sport Science*, 9(1), 35-39. <https://doi.org/10.1080/17461390802579137>
- Chaabene, H., Behm, D. G., Negra, Y. & Granacher, U. (2019). Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power: An Attempt to Clarify Previous Caveats. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01468>
- Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res*. 2003 Nov;17(4):671-7. doi: 10.1519/1533-4287(2003)017<0671: ppriaa>2.0.co;2. PMID: 14636093.
- Cognetti, D. J., Sheean, A. J., & Owens, J. G. (2022). Blood Flow Restriction Therapy and Its Use for Rehabilitation and Return to Sport: Physiology, Application, and Guidelines for Implementation. *Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation*, 4(1), e71–e76. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.025>

- Creekmur, C. C., Haworth, J. L., Cox, R. H. & Walsh, M. S. (2017). Effects of plyometrics performed during warm-up on 20 and 40 m sprint performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(5). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06227-7>
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., de Jesus, K., de Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J. & Arellano, R. (2018). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 443-451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Docherty, D. & Hodgson, M. J. (2007). The Application of Postactivation Potentiation to Elite Sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 439-444. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.439>
- Evetovich, T. K., Conley, D. S. & McCawley, P. F. (2015). Postactivation Potentiation Enhances Upper- and Lower-Body Athletic Performance in Collegiate Male and Female Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 336-342. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000728>
- Garbisu-Hualde, A., & Santos-Concejero, J. (2021). Post-Activation Potentiation in Strength Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of human kinetics*, 78, 141–150. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0034>
- Garnacho, M., Muñoz, A & Maté-Muñoz, J. L. (2018). *Power– and velocity–load relationships to improve resistance exercise performance. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 175433711877358. doi:10.1177/1754337118773587
- Gullich, A., and D. Schmidtbleiche. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Stud. Athletics* 11:67–81. 1996
- Hanke, A. A., Wiechmann, K., Suckow, P. & Rolff, S. (2020). Effektivität des „blood flow restriction training“ im Leistungssport. *Der Unfallchirurg*, 123(3), 176-179. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00779-6>

- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(7), 585–595. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535070-00004>
- Homoud, A. (2018); Role of Warming-up in Promoting Athletes Health and Skills; *Int J Sci Res Publ* 6(1) (ISSN: 2250-3153). <http://www.ijsrp.org/research-paper-0116.php?rp=P494982>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J., Ibáñez, J. & Gorostiaga, E. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264-271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- Kim, L. J. (2009). Changes of Compound Muscle Action Potential after Low-Intensity Exercise with Transient Restriction of Blood Flow: A Randomized, Placebo-Controlled Trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 21(4), 361-366. <https://doi.org/10.1589/jpts.21.361>
- Kümmel, J., Bergmann, J., Prieske, O., Kramer, A., Granacher, U. & Gruber, M. (2016). Effects of conditioning hops on drop jump and sprint performance: a randomized crossover pilot study in elite athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0027-z>
- Linder, E. E., Prins, J. H., Murata, N. M., Derenne, C., Morgan, C. F. & Solomon, J. R. (2010). Effects of Preload 4 Repetition Maximum on 100-m Sprint Times in Collegiate Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1184-1190. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d75806>
- Loenneke, J., Thiebaud, R., Abe, T. & Bemben, M. (2014). Blood flow restriction pressure recommendations: The hormesis hypothesis. *Medical Hypotheses*, 82(5), 623-626. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2014.02.023>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 551–555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2)

- Martin, P. M., Bart, R. M., Ashley, R. L., Velasco, T., & Wise, S. R. (2022). An Overview of Blood Flow Restriction Physiology and Clinical Considerations. *Current sports medicine reports*, 21(4), 123–128. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000948>
- Masahiro Iwata, Ayano Yamamoto, Shingo Matsuo, Genki Hatano, Manabu Miyazaki, Taizan Fukaya, Mitsuhiro Fujiwara, Yuji Asai & Shigeyuki Suzuki. (2019a). Dynamic Stretching Has Sustained Effects on Range of Motion and Passive Stiffness of the Hamstring Muscles. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 13-20. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30787647/>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G. & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523-1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
- Mine, K., Lei, D. & Nakayama, T. (2018). IS PRE-PERFORMANCE MASSAGE EFFECTIVE TO IMPROVE MAXIMAL MUSCLE STRENGTH AND FUNCTIONAL PERFORMANCE? A SYSTEMATIC REVIEW. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(5), 789-799. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180789>
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in physiology*, 10, 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- Riggs, M. P., & Sheppard, J. M. (2009). The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the countermovement and squat jump. *Journal of Human Sport and Exercise*, IV(III), 221-236.
- Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European journal of applied physiology*, 100(4), 393–401. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0440-9>

- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M. & Dascombe, B. J. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(5), 360-367. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.014>
- Seitz, L. B. & Haff, G. G. (2015). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>
- Seitz, L. B., Mina, M. A. & Haff, G. G. (2016). Postactivation Potentiation of Horizontal Jump Performance Across Multiple Sets of a Contrast Protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2733-2740. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001383>
- Shellock, F. G. & Prentice, W. E. (1985). Warming-Up and Stretching for Improved Physical Performance and Prevention of Sports-Related Injuries. *Sports Medicine*, 2(4), 267-278. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502040-00004>
- Taylor-Burt, K. R., Konow, N. & Biewener, A. A. (2020). Post-activation muscle potentiation and its relevance to cyclical behaviours. *Biology Letters*, 16(6), 20200255. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0255>
- Tillin, N. A. & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Vassilios Gourgoulis, Nickos Aggeloussis, Panagiotis Kasimatis, Giorgos Mavromatis & Athanasios Garas. (2003). Effect of a Submaximal Half-Squats Warm-up Program on Vertical Jumping Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017)
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
- Zachary J Ullman, Michael B Fernandez & Matthew Klein. (2020). Effects of Isometric Exercises versus Static Stretching in Warm-up Regimens for Running Sport Athletes: A

Systematic Review. *International journal of exercise science*, 14(6), 1204-1218.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35096248/>

- Zaras, N. (2019). Track and field throwing performance prediction: training intervention, muscle architecture adaptations and field tests explosiveness ability. *Journal of Physical Education and Sport*, 2019(2). <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s2064>
- Zheng, H., Liu, J., Wei, J., Chen, H., Tang, S., & Zhou, Z. (2022). The Influence on Post-Activation Potentiation Exerted by Different Degrees of Blood Flow Restriction and Multi-Levels of Activation Intensity. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), 10597. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710597>